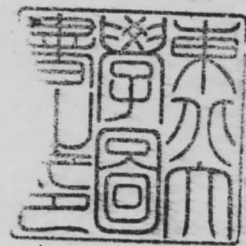


河口における大規模カスプの成長・移動機構の解明

著者	真野 明
URL	http://hdl.handle.net/10097/41412



河口における大規模カスピの成長・移動機構の解明

平成 10 年 3 月

平成 8, 9 年度科学研究費補助金

(基盤研究(C)(2)、 課題番号 : 0 8 6 5 0 5 8 9)

研究成果報告書

研究代表者 真野 明

(東北大学大学院助教授)

河口における大規模カスプの成長・移動機構の解明

平成 10 年 3 月

平成 8, 9 年度科学研究費補助金

(基盤研究(C)(2)、 課題番号: 08650589)

研究成果報告書

研究代表者 真野 明

(東北大学大学院助教授)

東北大学図書



00010174111

附属図書館

研究題目 河口における大規模カスプの成長・移動機構の解明

研究種別	基盤研究 (C) (2)
課題番号	08650589
研究組織	研究代表者 真野 明 (東北大学大学院 助教授)
研究経費	平成 8 年度 1,000,000 円
	平成 9 年度 1,100,000 円
<hr/>	
合計	2,100,000 円

発表論文：

- 1) Akira Mano and Masaki Sawamoto : Interactions between a sand barrier and flood terrace at the Abukuma River mouth, Coastal Engineering ,(1996), 4505-4516
- 2) 真野 明, 杉木基泰, 沢本正樹 : 洪水用簡易浮遊砂採水器の開発, 東北地域災害科学 研究, 第 22 巻, (1996), 69-78
- 3) 杉木基泰, 佐藤芳信, 真野 明 : 阿武隈川から海域への流出土砂の観測と解析, 地球環境シンポジウム, 第 4 巻, (1996), 169-174
- 4) 真野 明, ムハマド・ハサヌディン, 沢本正樹 : 沿岸漂砂量公式に用いる年平均波, 海洋開発シンポジウム, 第 21 回, (1996), 55-59
- 5) 鈴木成典, 真野 明 : 福島海岸における波浪と海食崖の応答解析, 海岸工学論文集, 第 43 巻, (1996), 561-565
- 6) 北條鉄也, 真野 明 : 粒子追跡法による碎波帯の表面流速測定, 海岸工学論文集, 第 43 巻, (1996), 46-50
- 7) 佐藤芳信, 真野 明, 沢本正樹 : 阿武隈川河口の流送土砂, 海岸工学論文集, 第 43 巻, (1996), 621-625
- 8) Akira MANO, Motoyashu SUGIKI and Yoshinobu SATO : Observations and analyses of fine grains in flood flows at the Abukuma River mouth, Jour. of Global Environmental Engineering, vol.3, (1997), 53-63
- 9) 八代義信, 真野 明 : 浸透を考慮した阿武隈川流域の流出解析, 水工学論文集, 第 41 巻, (1997), 185-190
- 10) 杉木基泰, 真野 明 : 阿武隈川における細粒土砂の観測と時空間分布, 水工学論文集, 第 41 巻, (1997), 783-788
- 11) 真野 明, 杉木基泰, 前川勝朗 : 最上川の雪融け出水観測, 東北地域災害科学, 第 33 巻, (1997), 131-140
- 12) 成岡正祥, 真野 明 : 火焦点付近の波向き線解析, 東北地域災害科学, 第 33 巻, (1997), 73-82
- 13) 佐藤芳信, 真野 明, 沢本正樹 : 阿武隈川河口部の堆積土砂, 東北地域災害科学, 第 33 巻, (1997), 163-172

- 14) 北條鉄也、真野 明：水面に浮かべたトレーサー粒子の追従性に関する研究、北地域災害科学、第 33 巻、(1997)、83-92
- 15) 長林久夫、真野 明、杉木基泰、木村喜代治：出水時における阿武隈川の水質特性、東北地域災害研究、第 33 巻、(1997)、141-150
- 16) Junji Hamada and Akira Mano： Three dimensional flow field measurement of breaking wave, Coastal Dynamics '97, ASCE, (1997), (in press)
- 17) 井藤由親、真野 明：河口周辺の海水侵食、海洋開発シンポジウム、第 22 巻、(1997)、681-685
- 18) 市毛輝和、八代義信、真野 明：阿武隈川における 1996 年 17 号台風の出水解析、地球環境シンポジウム、第 5 巻、(1997)、203-208
- 19) 福士大介・Subandono Diposaptono・真野 明・沢本正樹：河口における大規模カスプ地形の生成機構、海洋開発論文集、Vol.14、印刷中、1998.

河口における大規模カスプの成長・移動機構の解明

1. はじめに

河口は流域で生産され、輸送された土砂が海域に出るところであるが、そこには河川流をはじめとして、波浪や潮汐などによる複雑な流れがあり、それらの流れによって土砂がどのように運ばれるかはあまり明らかでない。また海岸線に目を転じると、波浪によって運ばれる沿岸漂砂は、河口付近で地形が大きく変わること、また河川流や川の中に入出入りする潮汐流の影響が新たに加わることで、輸送の方向や量が変化すると考えられるが、これも良く分かっていない。

流域の土砂と海岸の土砂を結び付ける上で、河口近傍のこの土砂の輸送機構を知ることは極めて重要であるが、あまり手がつけられていないのが現状である。研究が進んでいない理由として次のようなものがあげられよう。(1)外力が河川流、波浪、潮汐と複雑であること。(2)河口地形が複雑であること。(3)河口沖合いは逆流により波が切り立ち、波形勾配が大きくなっていて、船を出して砂の移動や地形の細かい変化を直接観測することが難しいこと。

このような問題の解析を進めていく上で、数値シミュレーションや水理実験などさまざまなアプローチが必要で、それらと現地観測の結果を総合して、はじめて全体像を明らかにできると考えられる。この中で、早期に実現が望まれるのは、大きな骨組みを作ること、できるだけ簡単な、河川流、沿岸流、潮汐流のモデルを用いて、河口特有の地形の形成を説明することであろう。

筆者らは阿武隈川の河口を研究フィールドとして河口砂州の測量や航空写真の収集と解析を行ってきているが、河口の両岸から沖に向かって、大規模なカスプ地形がしばしば形成され、航空写真で観察することができる。また、

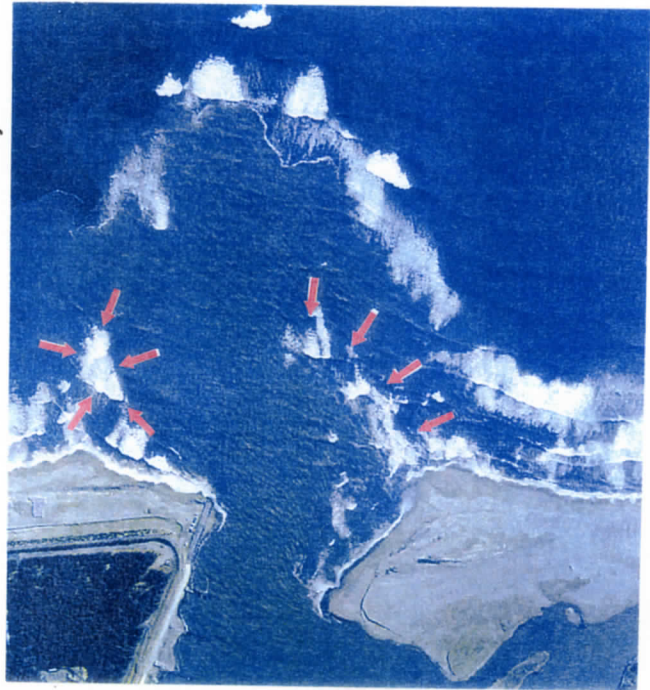


写真-1 阿武隈川河口部の航空写真(1991年12月2日、建設省東北地方建設局撮影)

洪水で河口砂州がフラッシュした場合にも、新しくできた水路に沿うように、沖に向かってカस्प地形が発達する。これらのカस्प地形の生成発達と外力の関係を解析することにより、河口周辺の土砂移動機構の解明を進めたいというのが本研究のねらいである。

ここで、土砂堆積と外力の関係をできるだけ鮮明にするために、外力の流速場は解析解を用いることとし、河川流と波浪による沿岸流を考えることにした。

2. 河口周辺の堆砂特性

代表的なカस्प地形の例を、阿武隈川河口の航空写真 1～3 に示す。阿武隈川は仙台湾に注ぐ一級河川であり、開口方向はほぼ東である。この海域における卓越波向きが東～東南東であるので、沿岸漂砂の卓越方向は北向きとなり、右岸に大規模な河口砂州が発達している。

いずれの写真においても、右岸砂州の先端付近から、沖に向かって細長くカस्प地形が伸びていることが分かる。阿武隈川の河口部には 1986 年の台風 10 号の降雨によって発生した洪水により、大規模なテラス地形が形成されており、それが現在も残っている。河口を取り囲むように円弧状の碎波帯が広がっているが、ここが河口テラスの縁辺である。前述のカस्प地形は常にこの碎波帯の中にできている。また、左岸をみると、写真 1 や 2 に矢印で示した場所に堆砂し、浅瀬ができていることが分かる。左岸の堆砂は右岸のもの



写真-2 阿武隈川河口部の航空写真（1994 年 4 月 1 日、建設省東北地方建設局撮影）



写真-3 阿武隈川河口部の航空写真（1996 年 7 月 2 日、建設省東北地方建設局撮影）

に比べて、幅が広く、また最も浅くなっている部分は、岸から少し離れた沖合いに位置していることに特徴がある。

図-1 は河口周辺の深浅図であるが、右岸の河口砂州から沖合いに伸びる浅瀬が、また左岸には岸から少し離れたところに浅瀬があり、いずれも航空写真で見られる堆積域と対応している。一方河口中央部をみると、沖に向かってテラス上に広い窪地が形成されており、さらにその沖には縁上の浅瀬が広がっていて、複雑な分布になっている。

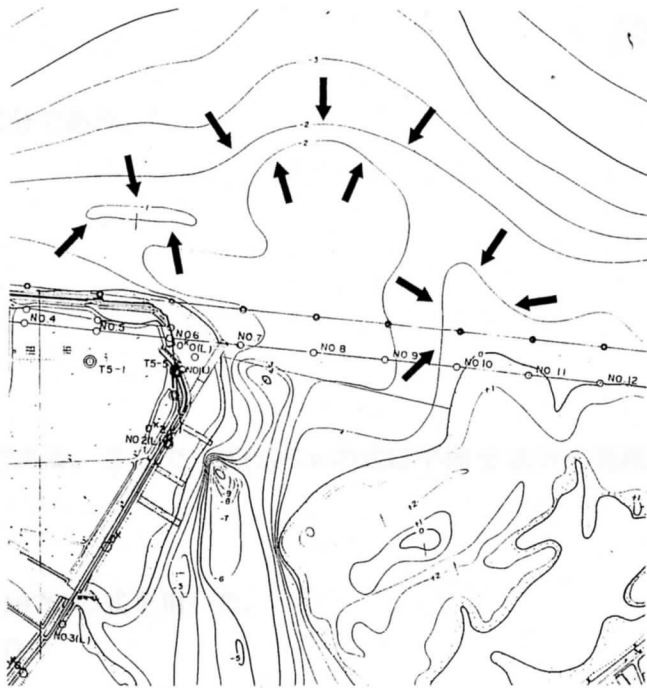


図-1 阿武隈川河口周辺の深浅図（1994年11月、建設省東北地方建設局測量）

3. モデル化

(1) 地形のモデル化

河口地形を図-2 のようにモデル化する。海域の水深は一様勾配 β で沖に向かって増大するものとし、河口部は水深 h_0 、幅 $2b_0$ の一様矩形断面水路が海岸線に直角に接続しているものとする。河口中央部から沖に向かって x 軸を取り、これと直角方向に、左岸の海岸線にそって y 軸をとる。

(2) 河川流のモデル化

海域における河川流の流速場は 2 次元噴流の式 Rajaratnam (1976) を基本とし水深変化の影響を補正した。

Potential core 内 ($|y| < y_1$)

$$u = U_0 \cdot h_0 / h,$$

$$v = 0.$$

(1)

Potential core 外 ($|y| > y_1$)

$$u = U_0 \cdot f(\eta) \cdot h_0 / h,$$

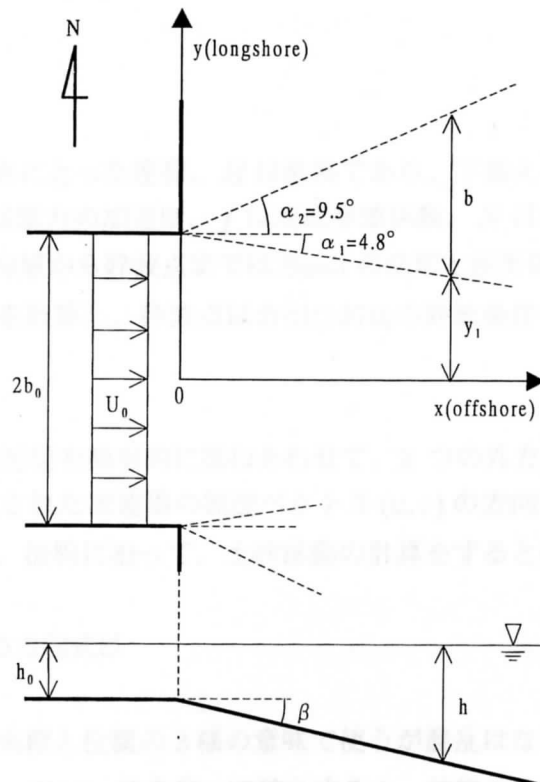


図-2 地形のモデル化

$$v = \pm m U_0 \{ (\eta - n) f(\eta) + n - \int_0^\eta f(\eta) d\eta \} \cdot h_0 / h \quad (2)$$

ここで、 u, v は各々 x, y 方向の流速成分であり、

$$f(\eta) = \exp(-0.639\eta^2),$$

$$\eta = (|y| - y_1) / b,$$

$$m = \tan \alpha_1 + \tan \alpha_2,$$

$$n = \tan \alpha_1 / m,$$

$$y_1 = b_0 - x \tan \alpha_1,$$

$$b = x \cdot m$$

であり、 α_1, α_2 は図-2 に示す広がり角である。ここで、式(2)の v の式は平面 2 次元の連続の式を使って新たに導いたものである。

(3) 沿岸流のモデル化

沿岸流の流速場には Longuet-Higgins (1970) の式を用いた。

$$v/v_0 = \begin{cases} B_1 X^{p_1} + AX & (0 < X < 1) \\ B_2 X^{p_2} & (1 < X) \end{cases} \quad (3)$$

$$X = x/x_b,$$

$$v_0 = -\left(\frac{5\pi\gamma}{16f}\right) \sqrt{gh_b} \cdot \sin \alpha_b \cdot \tan \beta,$$

$$B_1 = B_1(P), B_2 = B_2(P),$$

$$p_1 = p_1(P), p_2 = p_2(P),$$

$$P = \pi N \tan \beta / \gamma f.$$

ここで、 α は入射角、 x は汀線から冲向きにとった座標、 H は波高であり、下添え字の b は碎波点の位置を表している。また、 g は重力の加速度、 f は海底摩擦係数、 N は水平拡散係数、 $\gamma = H_b / h_b$ である。さらに、深海域から碎波点までは Snell の法則と屈折係数、浅水係数を用いて、波向き変化と波高変化を計算し、碎波点は合田(1970)の碎波条件を用いて求めた。

(4) 流線の計算

上で述べた、河川流と沿岸流の 2 つの流速場を線形的に重ねあわせて、2 つの外力が共存する時の流速場とした。土砂はこの合成された流速場の流速ベクトル (u, v) の方向に運ばれることになるので、流線を求めておき、流線に沿って、土砂移動の計算をすると計算が簡単になる。

今流線上の位置を (x, y) とすると、流線の方程式は

$$dy/dx = v/u$$

で与えられる。ここで、本論文では x, y を座標と位置の 2 様の意味で使うが混乱はないものと思う。これは常微分方程式なので Runge Kutta 法を使って積分すると、流線の位置が

求められる事になるが、流速 u が0になる点は計算することができない。定常問題では流線と流跡線 (path line) は同一であるので、次に示す流跡線の方程式を使えば上の難点を解消することができる。

$$dx/dt = u, \quad dy/dt = v \quad (4)$$

すなわち、時間 t をパラメータとする、2元連立の常微分方程式を解くことにより、流線の位置が求められる。

(5)土砂輸送の計算

土砂の輸送形態は掃流砂とし、流砂量公式には Meyer-Peter Muller(1948)の公式を用いる。

$$q_s / \sqrt{sgd^3} = 8(\tau^* - 0.047)^{3/2} \quad (5)$$

ここで、 q_s は単位幅あたりの流砂量、 d は砂の粒径、 $s = \sigma / \rho - 1$ 、 σ は砂の密度、 ρ は海水の密度、 $\tau^* = u^2 / sgd^3$ 、 $u^* = \sqrt{\tau / \rho}$ は摩擦速度、 τ は底面せん断力であり、次式で与えられる。

$$\tau = \frac{2}{\pi} \rho f u_{\max} q \quad (6)$$

ただし、 $u_{\max} = \gamma \sqrt{gh} / 2$ 、 $q = \sqrt{u^2 + v^2}$ である。

土砂は流線に沿って運ばれると考えて良いので、土砂の連続式は次のようになる。

$$\frac{\partial}{\partial \xi} (r q_s) + r(1 - \lambda) \frac{\partial z}{\partial t} = 0 \quad (7)$$

ここで、 r は隣り合う流線の間隔、 ξ は流線に沿ってとった距離座標、 λ は土砂の間隙率で、 z は土砂の堆積高さである。土砂の連続式は非定常の式であるが、堆積高さは水深に比べて小さいものとして、堆積が進行しても流れは定常で変わらないものと仮定した。

今、水の連続式

$$r h q = \text{const.} \quad (8)$$

を用いて、式(7)から r を消去すると、

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{q_s}{qh} \right) + \frac{1}{qh} (1 - \lambda) \frac{\partial z}{\partial t} = 0 \quad (9)$$

が導かれる。

ここで、式(9)の性質を少し調べてみよう。堆積の進行は $\partial z / \partial t > 0$ に対応するので、式(9)から第1項が負となる場所で堆積が生じる。流砂量 q_s は複雑な形をしているので、簡単化して見通しをよくすることを考える。いま掃流力が限界掃流力よりも大きいと仮定すると、

表-1 計算ケース、外力、碎波点での諸量

Case	$H_0(m)$	$\alpha_0(\text{deg.})$	$U_0(m/s)$	$H_b(m)$	$\alpha_b(\text{deg.})$	$x_b(m)$
1	0.82	-31	0.22	1.24	-8.5	145
2	0.41	-31	0.22	0.75	-6.7	89
3	1.64	-31	0.22	2.09	-11.2	257
4	0.82	-15	0.22	1.28	-4.4	153
5	0.82	-45	0.22	1.16	-11.4	139
6	0.82	-31	0.11	1.24	-8.5	145
7	0.82	-31	0.43	1.24	-8.5	145

$$\begin{aligned}
 q &\approx 8\sqrt{sgd^3}(\tau/sgd^3\rho)^{3/2} \\
 &= 8(2fu_{\max}q/\pi)^{3/2} \\
 &= C_1 h^{3/4} q^{3/2}
 \end{aligned} \tag{10}$$

ここで、 $C_1 = 8(f/\pi)^{3/2} g^{3/4}$ である。従って、式(9)の第1項は、

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{q_s}{qh} \right) &= C_1 \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{q^{1/2}}{h^{1/4}} \right) \\
 &= C_1 \left(\frac{1}{2q^{1/2}h^{1/4}} \frac{\partial q}{\partial \xi} - \frac{q^{1/2}}{4h^{5/4}} \frac{\partial h}{\partial \xi} \right)
 \end{aligned} \tag{11}$$

となる。すなわち、堆積あるいは侵食が起こるのは、合成流速 q と水深 h が変化した場合であることがわかる。いま水深が一定とすると、合成流速 q が減速するところで堆積は起こる。また合成流速を一定とすると、水深が増加すると堆積が起こることになる。

式(9)を中央差分で展開した。式(4)を Runge Kutta 法で解き、新しい流線位置を求めた後、前の流線位置との中間地点で堆積高さを求めた。

流線に沿う計算は簡単になるが、計算結果を表示するのがやっかいなので、あらかじめメッシュを切っておき、一つのメッシュ領域に含まれる計算点の堆積高さをすべて平均し、メッシュ状の堆積高さ分布を得た。

4. 計算結果と考察

(1) 計算条件

外力として、河川の観測流量と海域の観測波浪データを収集した。前者は、建設省が河口の岩沼で実施している流量観測の1993年10月から1994年9月のデータを収集しその平均流量と、1年に一度の割合で行われている河口周辺の深浅測量の結果を使って河口の流水断面積を求め、年平均流速 $\overline{U_0}$ を求めた。また波浪に関しては、仙台新港の沖で運輸省

が観測している、波高、波向き、周期のデータを収集し、同じ期間の年平均値、 $\overline{H_0}$

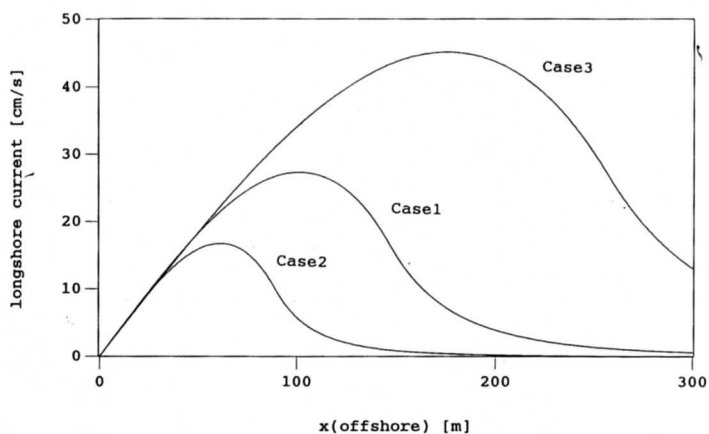
、 $\overline{\alpha_0}$ 、 $\overline{T_0}$ を求めた。河川流と波浪にすべて年平均値を用いたケースを Case1 とし、そのほかに波高を半分と倍に変えたケース (Case 2, Case 3)、波向きを変更したケース (Case 4, Case5)、河川流速を変えたケース (Case6, Case 7)を加えて、全7ケースの計算を行った (表-1 参照)。また、各ケースの碎波点での諸量も同表に示す。

また、計算に用いた諸定数は次のとおりである。河川開口幅等は深浅測量図から読み取り、 $2b_0 = 320 \text{ m}$ 、 $\tan \beta = 0.0108$ とした。また土砂の粒径は佐藤(1996)より得られた、阿武隈川河口砂州の海に面した砂浜の中央粒径を用い、 $d = 0.25 \text{ mm}$ とした。底面摩擦係数は

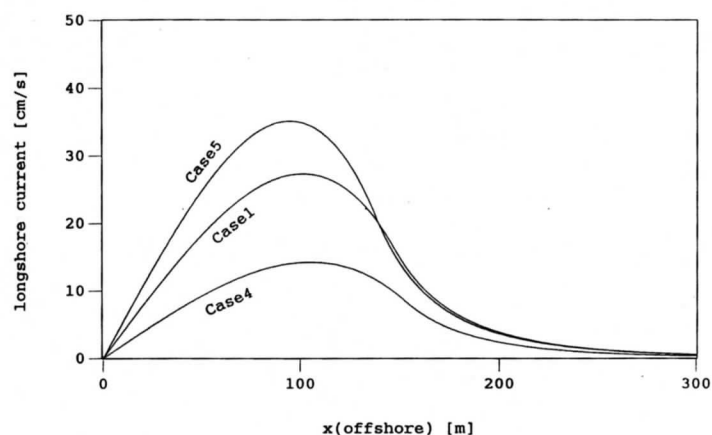
Longuet-Higgins(1970)に従い $f = 0.01$ とし、水平拡散係数は Subandono(1998)に従い $N = 0.015$ とした。また $h_0 = 0.5 \text{ m}$ 、 $\lambda = 0.4$ 、 $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$ 、 $\sigma = 2560 \text{ kg/m}^3$ を用いた。

(2)流速場

最初に沿岸流の流速分布を図-3に示す。上の図(a)は、入射波高の影響を示したもので、入射波高が大きい Case 3 では、沿岸流の最大流速が大きくなる。このケースの碎波点は、表-1に示す $x_b = 257 \text{ m}$ であり、 $x/x_b = 0.69$ に最大流速が生じる。



(a) 入射波高の影響



(b) 入射波向きの影響

図-3 沿岸流の流速分布

下の図(b)は、入射波の波向きの影響を示したものである。海岸線に直角入射の場合には沿岸流は生ぜず、入射角が大きくなるほど、沿岸流の流速は大きくなる。入射波の波向きによって、屈折係数も異なるので、碎波点の位置が多少ずれ、碎波波高も変化するため、分布はすこし複雑になる。

次に、河川流だけが作る海域の流動場を調べてみよう。図-4に年平均河川流速に対する計算結果を示す。河口部には Potential core の領域があり、冲向き流速は沿岸方向には一様であるが、水深が沖に向かって増加しているの、沖に向かって減少している。また Potential core の両側には沿岸方向に向かって冲向流速の減少する遷移領域があり、この領域は沖にむかって広がっている。遷移領域の外側には連行領域があり、両岸から河口に向かって流れ込んでいる様子が分かる。

河川流による流れ場は軸対象であるのに対して、沿岸流は一定方向を向くので、この二つの流れを重ね合わせたときに、右岸と左岸で流れの様子が大きく異なってくる。

図-5に Case 1 の河川流と沿岸流を合成した流速場を示す。このケースの碎波位置は、表-2 より $x_b=145\text{m}$ であり、碎波帯内の $x=100\text{m}$ 付近に沿岸流の最大値が生じている。右岸から左岸に向かう沿岸流は、Potential core の外側の遷移領域で幾分減速したのち、Potential core の境界で加速

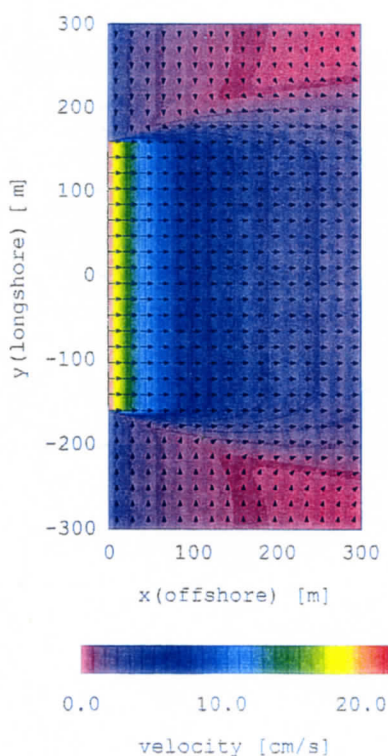


図-4 河川流の流速場 (Case 1)

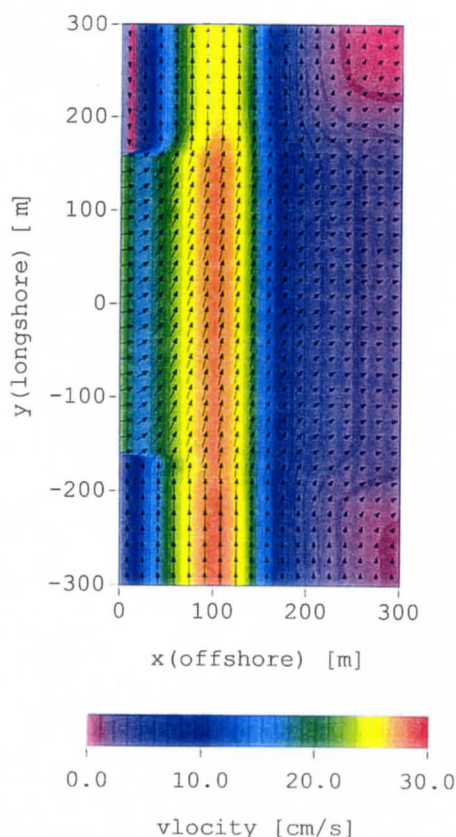


図-5 河川流と沿岸流の合成流速場(Case 1)

する。Potential core の中では河川流と沿岸流が重なるが、このケースでは沿岸流の成分の方が強いので、合成流速ベクトルの向きは沿岸寄りになる。Potential core を抜けると、遷移領域で大きく減速する。この減速には、河川流に連行する流れの向きと、沿岸流の向きが逆になっていることが大きく影響している。流速の減速域、加速域は底面せん断力が減少、増大する位置に対応しているので、水深が一定の場合には、それぞれ土砂の堆積と侵食に直接関係する。

一方、海岸線近くでは、沿岸流は、汀線に向かって漸減するので、汀線近くでは、連行流速の方が沿岸流速よりも大きくなる。これによって、右岸、左岸とも海岸線の近くでは、河口に向う流れが生じる。また、最大流速位置に隣接する沖側の領域をみると、流線の間隔が狭くなっているが、さらに沖側にいくと、流線の間隔は今度は広がっていることがわかる。

(3)堆砂量分布

前節で述べた、流速場を使って、7日間の土砂移動の計算を行った。図-6 は Case 1 の計算結果である。右岸と左岸の河岸付近より、沖側に伸びる堆積域と河口中央部の沖側に堆積域が分布している。両岸の堆積域は沿岸流が Potential core の外側の遷移領域と交わる領域で生じており、沿岸流が河川流により減速されるために生じる堆積域であると言える。また右岸と左岸を比べてみると、流れの特性について説明したように、右岸では減速の規模が小さく、それに応じて堆積域の幅が狭く、細長いものになっている。反対に左

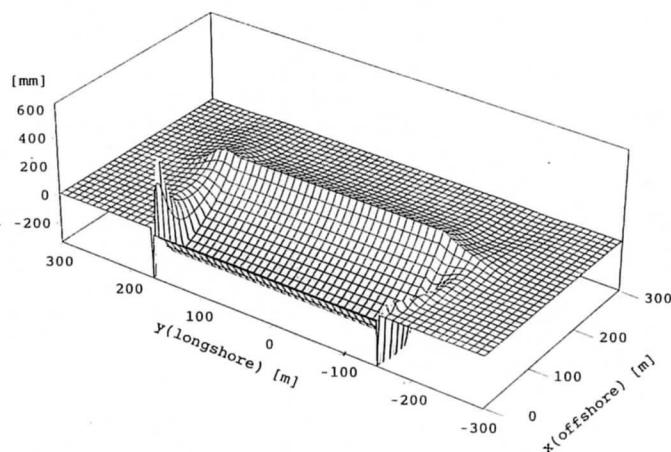


図-6 堆積分布 (Case 1)

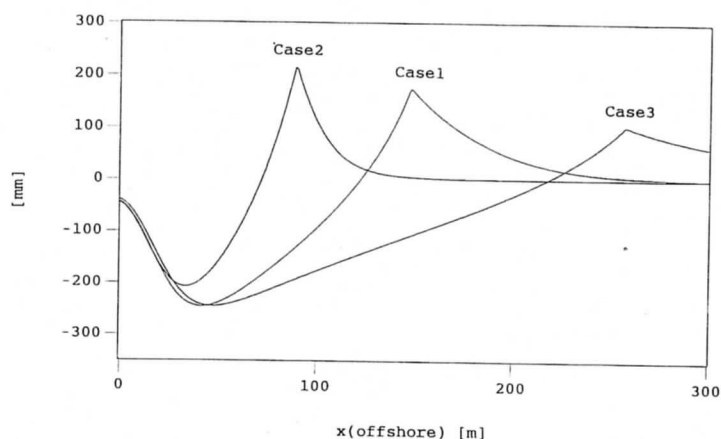


図-7 岸沖断面における堆積分布

岸では比較的広い範囲で減速が生じており、その程度も大きいので、堆積域は幅が広く、また高さも高いものとなっている。これらは、航空写真 1~3 に現れている右岸、および左岸の浅瀬の形状と良く整合しているものと言って良いであろう。すなわち、右岸の浅瀬は岸から伸びるような形態になっており、岸近くに最大の堆積域が存在する。浅瀬の幅は細く、碎波帯まで伸びており、大規模カスプ地形となっている。一方、写真に写っている左岸の浅瀬は、岸から少し離れたところに堆積の中心があり、面的に沿岸方向に広がった分布を示している。これらの性状は図-6 に示した分布と良く似ている。

図-7 には、河口中央から沖向きにとった断面における堆積分布を示す。河川流の流速分布は沖に向かって

減少しているが、これに沿岸流が加わることにより、河口周辺では沖に向かって加速しており、これによりこの部分で侵食が起こる。

Case 1 の場合の河川流と沿岸流を合成した流速の最大値は $x=100\text{m}$ 付近に存在しており、これが侵食と堆積を分けるおおよその境界になる。すなわち、最大流速位置よりも岸側で侵食が、また沖側で堆積がおこる。これに、流線の幅の変化の効果が加わって、複雑な分布になる。沖側の堆積域の最大堆積位置は碎波点に近くなっていることが分かった。また、各ケースの分布形を比較すると、波高の小さい Case2 で、堆砂ピークが岸近くにより、ピークが大きくなり、逆に波高の大きい Case3 で堆砂ピークは沖側に移動し、ピーク値は小さくなることが分かった。

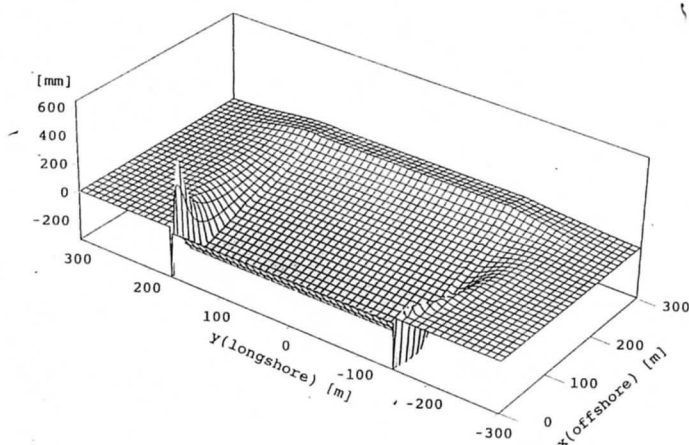


図-8 堆積分布 (Case 3)

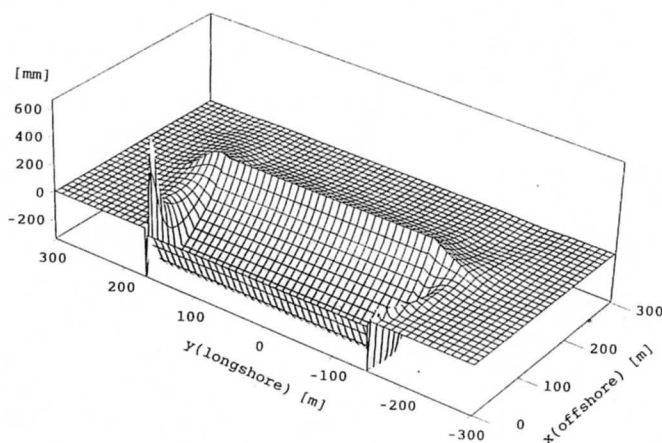


図-9 堆積分布 (Case 5)

次に、波高が大きい Case3、波向きが大きい Case5、河川流速が大きい Case7 の場合の堆積分布を図-8~10 に示す。

波高が大きくなると、沖で波が砕けるため、沿岸流の幅が広くなり、堆積や侵食の分布もなだらかなものになる。波向きが大きくなると、沿岸流が強くなり、河口前面の侵食量は大きくなる。河川流速が大きくなると、河口前面の侵食は更に大きくなり、右岸、左岸ならびに沖合いの堆積高さも高くなることが分かった。

図-11 には、河川流速が小さい場合(Case6)と大きい場合(Case7)の右岸の堆積分布を示したものである。右岸堆積高さは、河川流速にほぼ比例する形で、増減しており、河川流速が、右岸にできるカस्प地形の主要な制御因子であることが分かった。

5. 結論

以上本研究で得られた結論を列挙すると次のとおりとなる。

- (1)河川流と沿岸流の流れを線形的に重ねあわせ、河口周辺の流速場を得た。流線を求め、これに沿っ

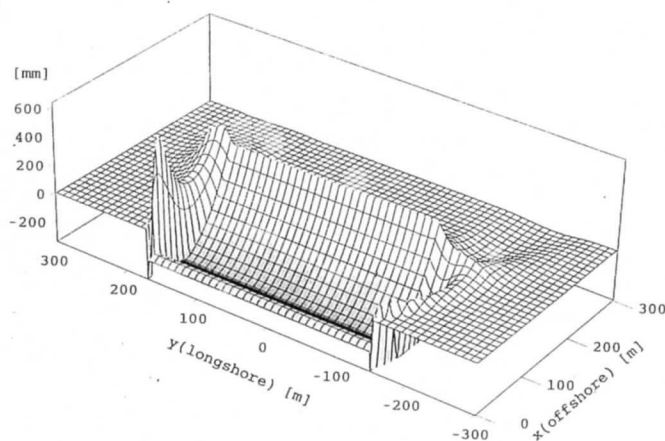
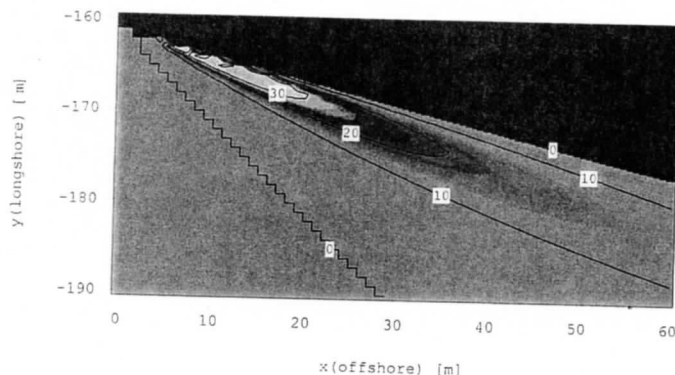
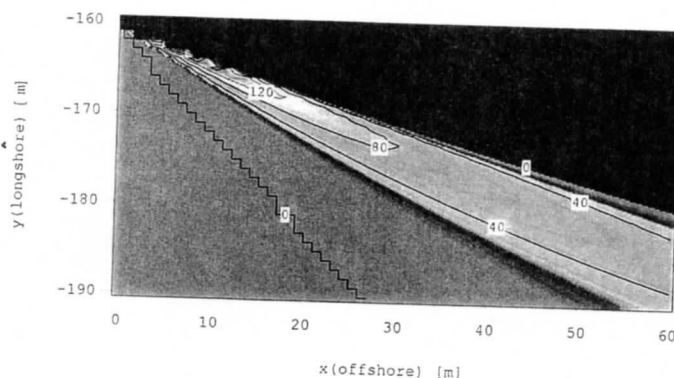


図-10 堆積分布 (Case 7)



(a) Case 6



(b) Case 7

図-11 右岸堆積域の分布

て、土砂輸送を評価するモデルを提案した。

- (2)阿武隈川の河口を対象として、観測河川流量、観測波浪データを集め、全7ケースについて、計算を行った。計算結果は、右岸に細長くできるカスプ地形、左岸に幅広くできる堆積域、河口沖合の砕波点付近にできる堆積域を示しており、航空写真で見られる現地地形と調和することが分かった。
- (3)各地形を作る、外力条件を検討した。右岸のカスプ地形を成長させる支配的な要因は河川流速であることが分かった。

参考文献

- 1)Longuet-Higgins,M.S.: Longshore currents generated by obliquely incident sea waves, 1, 2, Jour. Geophys. Res., 75, pp.6778-6801, 1970.
- 2)Meyer-Peter E., and R., Muller :Formulas for bed-load transport, Proc. 2nd IAHR Meeting, Stockholm, pp.39-64, 1948.
- 3)Rajaratnam, N.著、野村安正訳：噴流、森北出版、309p.、1981.
- 4)Subandono,D. and A. Mano :Initial information about the effect of floodway construction on the development of sand spit around Krueng Aceh river mouth, IAHR, APD, 1998 (in press).
- 5)合田良實：砕波指標の整理について、土木学会論文報告集、No.180、pp.39-49, 1970.
- 6)河村三郎：土砂水理学1、森北出版株式会社、p.339、1982.
- 7)佐藤芳信：阿武隈川河口の流送土砂、東北大学工学部卒業論文、103p.、1996.